

Lejtőmozgások datálása fák évgyűrűivel

Tree rings date landslides.

KÁZMÉR Miklós

Eötvös Loránd Tudományegyetem
Őslénytani Tanszék
Dendrokronológiai Laboratórium
1518 Budapest, Pf. 120.
E-mail: kazmer@ludens.elte.hu
Honlap: <http://dendro.elte.hu>



Összefoglalás

Lejtőmozgások (pl. csuszamlás) kezdete és vége, valamint a mozgás folyamán létrejövő belső deformációk datálhatók a lejtőn növő fák évgűrű-vizsgálatával. Reakciófa (nyomott és húzott fa) keletkezése a fák megdőlését jelzi: ez éves, esetenként évszakos pontossággal keltezhető. Visszafogott növekedés (keskeny évgűrű) jelentkezése pedig a gyökerek sérülésére, illetve megzavart vízháztartásra utal. Dendrokronológiai vizsgálattal tehát megállapítható a lejtőmozgás kezdete, lefolyása, vége, határai és belső eloszlása.

Abstract

Initiation and termination of landslides, and their internal deformation can be dated by dendrochronological study of tree rings. Development of reaction wood in trees – indicated by narrow rings – might indicate root damage or changes in groundwater supply. Tree-ring studies are applied to date initiation, progress, and termination of landslides, outline and internal distribution of deformation.



LEJTŐMOZGÁSOK DATÁLÁSA FÁK ÉVGYŰRŰIVEL

DR. KÁZMÉR MIKLÓS – Eötvös Loránd Tudományegyetem Őslénytani Tanszék, Budapest

1. A FA NÖVEKEDÉSE

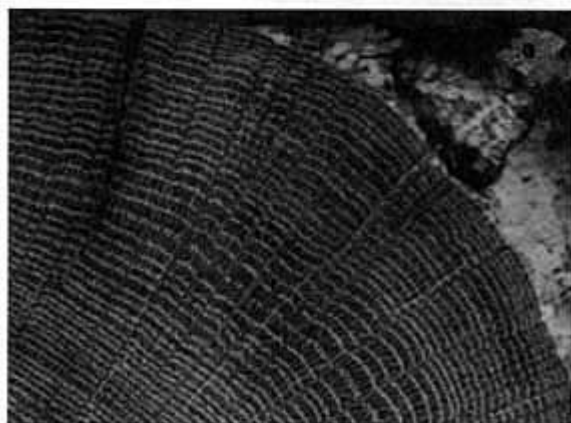
A dendrokronológia a legpontosabb földtani kormeghatározási módszer. Éves, kedvező esetben évszakos pontossággal képes megmondani valamely esemény bekövetkezését idejét. Alapja az, hogy a fák, bokrok éves ciklusban nőnek: a növekedést nyugalmi periódus váltja fel. A növekedési ciklus elején (nálunk tavasszal) a kilombozódást lehetővé tevő gyors növekedés figyelhető meg, amelyet nyáron lassú, a hirtelen nőtt szakaszokat megszilárdító növekedés követ. Az első eredményezi a világos színű korai pásztát, a második a sötétebb, késői pásztát. E két pászta együttesen alkotja az évgűrűt. (1-3. ábra)

A fa teljes felületén évente új réteg nő, mely kúpszerűen burkolja be a törzset, az ágakat és nagyrészt a gyökereket is (4. ábra). Ennek az új rétegnek keresztmetszeti képe az új évgűrű. Minden új réteg koncentrikusan rakódik a megelőzőre: függőleges törzsű fák esetén vastagsága is egyenletes. (5. ábra)

2. FÁK A LEJTŐN

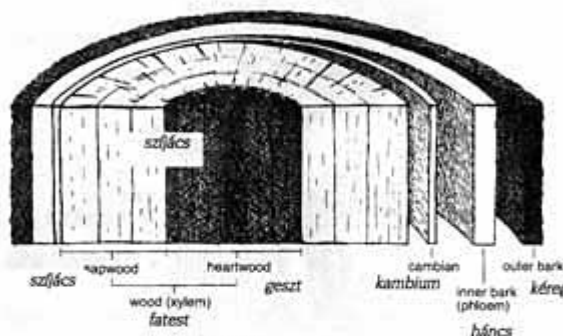
2.1. Nyomott és húzott fa

Ha a fa növekedése során valamilyen hatásra megdől (pl. lejtőmozgás indul meg alatta, folyó alámossa a tör-



2. ábra.

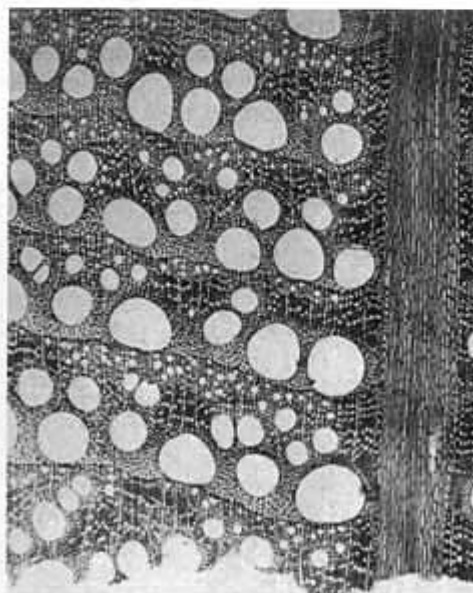
Lombos fa (tölgy = *Quercus* sp.) évgűrűi. A világos, korai pászta tavasszal, a sötétebb, késői pászta nyáron nő (http://www.tree-ring.co.uk/Tree%20Species_files/oak_files/oak.htm).



1. ábra.

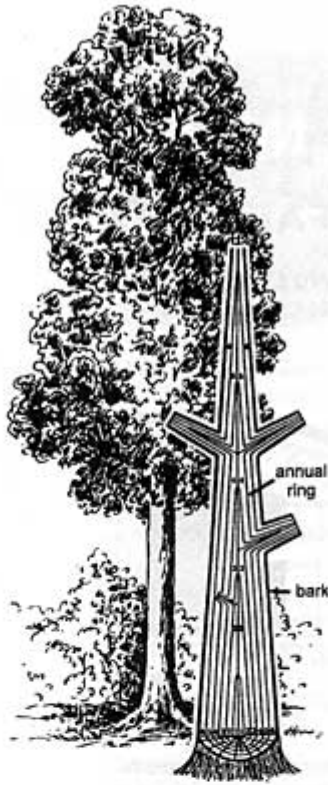
A fa szerkezete. Az elhalt gesztből és a még élő szíjácsból álló fatest az, amely évgűrűkkel növekszik. A növekedést az osztódó sejtek alkotta kambium biztosítja.

zset, lavina betemeti), akkor ezt igyekszik kompenzálni és visszaállni függőleges irányba. A kompenzáció módja



3. ábra.

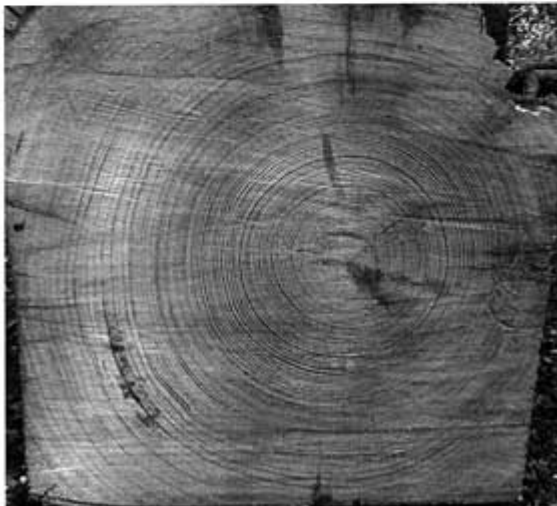
Gyűrűslikacsú fa keresztmetszeti képe mikroszkópban. A nagy átmérőjű edények biztosítják a vízszállítást kilombozódáskor; ez az ún. korai pászta. A kisebb edények és a sötétebb, vastagabb falú rostokat tartalmazó, ún. késői pászta nyáron nő, és a fa szilárdítását szolgálja. A korai és a késői pászta együttesen alkotja az évgűrűt (SCHWEINGRUBER, 1990).



4. ábra. A fa teljes felületén évente új réteg nő. Ez keresztmetszetben új évgűrűként jelentkezik. Annual ring - évgűrű, bark - kéreg (THOMAS, 2000).

a tűlevelűeknél, ill. a lombos fáknál eltérő.

Tűlevelű fáknál (fenyőféléknél) a megdőlt törzs alulról vastagszik. A továbbra is koncentrikusan növekvő évgűrűk felül egészen keskenyek, alul feltűnően szélesek lesznek. (6. ábra) Ez a törzsön belül megváltozott feszültségeloszlást hivatott ellensúlyozni. Ezen kívül az



5. ábra. Függőleges törzsű fa egyenletes vastagságú, koncentrikus évgűrűi
(www.microscopy-uk.org.uk/mag/imgjan02/PJ/Ring5.jpg)

évgűrűk alsó, szélesebb részén határozott elszíneződés lép fel. A megjelenő sötét szín az ún. nyomott fa felépítést jelzi. (7. ábra) Az ennek területén erőteljesen megvastagodott sejtfaik további szilárdítást biztosítanak az egyensúlyi helyzetében megzavart fatörzsnek.

Megdől lombos fáknál az évgűrűk megvastagodása fölül következik be. A sejtfaik itt is megváltozik: ún. húzott fa jön létre, amely azonban szabad szemmel nem látható. A megváltozott sejtfaik csak vékony-metszetben, festéssel mutatható ki.

A húzott és a nyomott fa (együttesen reakciófa) növekedése addig tart, ameddig a létrejöttüket kiváltó egyensúlyzavar fennáll. A reakciófa azonnal megjelenik, amint a törzs megdől. Amikor a fa (ívelt törzset hozva létre) kiegyenesedik, a reakciófa keletkezése megszűnik. Megszűnik a reakciófa növekedése akkor is, ha a lejtőmozgás révén a fa ismét függőleges helyzetbe kerül. Ha a mozgás változó irányú és ezért a törzs dőlésiránya is megváltozik, a változás után képződött reakciófa iránya hűen követi az új feszültségirányt. (7. ábra) A reakciófa megjelenése és eltűnése rögzíti a lejtőmozgás időtartamát, iránya pedig a lejtőmozgás irányát.

2.2. Visszafogott növekedés

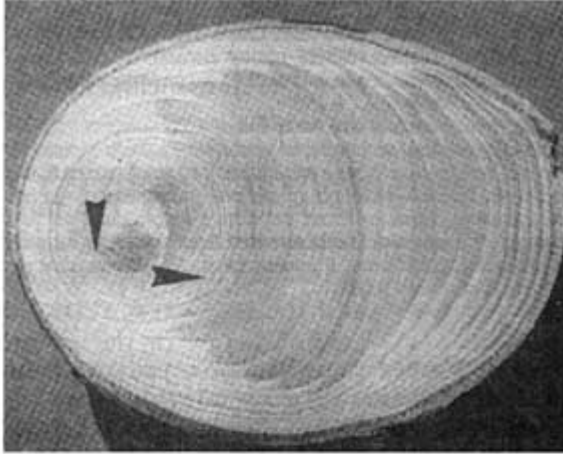
A mozgó lejtőn álló fák évgűrű-szélességi sorozatát összehasonlítva a közeli, zavartalan talajú területeken álló fák évgűrűsorozataival gyakran szisztematikus eltérést észlelünk: a mozgó terület fái lassabban nőnek. Ennek többféle oka lehet.

Egyik ok, hogy a csúszó terület belső deformációja, másodlagos szakadékok képződése megsérti, elszakítja a gyökereket. Ezek nem csak a korona alatti területet hálózják be, hanem gyakran több tíz méter távolságra terjednek. Sérülésük rontja a fa vízellátását; pótlásuk a törzs és a lombzat növekedésétől von el tápanyagot.

Egy másik lehetséges ok, hogy a csúszó területnek megváltozik a vízháztartása. Süllyedő talajvízszint értelemszerűen vízhiányt, így lassúbb növekedést okoz. Emelkedő talajvízszint is visszafoghatja a fa növekedé-

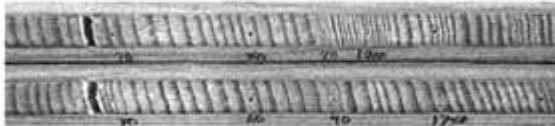


6. ábra. Megdőlt fatörzs aszimmetrikus évgűrűi



7. ábra.

Dőlten növekvő fenyőféléknél az évgűrű vastagabb, nyomást elszenvedő része jellegzetes, sötét színt vesz fel. Ez az ún. nyomott fa; színe és nagyobb keménysége a késői pásztában található, megvastagodott sejtfalaknak köszönhető. A nyílak jelzik, hogy a dőlés iránya egy alkalommal 90 fokot változott.



8. ábra.

Lécekre ragasztott fűrőmagok. A csiszolt, polírozott felületen láthatóvá és mérhetővé válnak az évgűrűk.



9. ábra.

Földcsuszamláson utazó erdő (Valderchia, Olaszország). (<http://ilrg.gndc.cnr.it>)

sét: a huzamosabb ideig oxigénhez nem jutó gyökerek elhalnak.

A normális és a visszafogott növekedés megkülönböztethető, ha a mozgó lejtő fának évgűrűszélesség-sorát összehasonlítjuk a szomszédos, zavartalan területek évgűrűsorával (kronológiájával). Ez az összehasonlítás egyben lehetővé teszi a környezeti stressz hatására esetleg kimaradó évgűrűk hiányának felismerését is. Ez különösen gyakori a nem lombhullató tűlevelű fák esetében.

3. MINTAVÉTEL, PREPARÁLÁS, MÉRÉS

A reakciófa felismeréséhez és datálásához nem szükséges a fát kivágni. A lejtő irányában és azzal ellentétesen 1-1 magot veszünk az élő fából növedékfúróval. A kivett mag 4-5 mm átmérőjű; az ejtett sérülés nem több, mint amit embernek egy injekciótű szúrása okoz, de mindenképpen kevesebb, mint amit egy ág letörése jelent a fának.

A fűrőmagokat lécekre ragasztjuk, majd csiszolópapírral fényes felületet csiszolunk rajtuk. (8. ábra) Így tűlevelűeknél előtűnnek az évgűrűk és felismerhetővé válik a nyomott fa is. Rögzítjük a nyomott fa megjelenésének és esetleges eltűnésének évét. Kedvező esetben a lejtőmozgás megindulásának évszákját is meg tudjuk mondani.

Lombos fák esetén mikrotommal 20-30 mikrométer vastagságú szeletet vágunk a fából. Tárgylemezen astra-kékkel és safraninnal megfestjük, vízmentes alkohollal és xilollal kimosva kanadabalzsammal állandósítjuk, fedőlemezlel lefedjük. Polarizációs mikroszkópban vizsgálva a nyomott fa megjelenése halványkék elszíneződés formájában ismerhető fel.

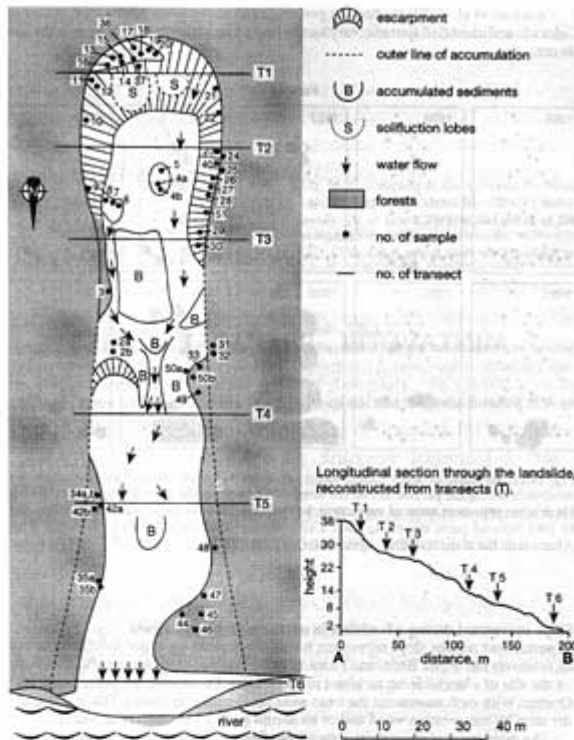
Ha reakciófa megjelenésének és eltűnésének idején kívül annak irányára, ill. az irány változásaira is szükségünk van, akkor a fából láncfűrőszel korongot vágunk. A korong helyzetét a lejtőhöz viszonyítva rögzítjük. A preparálás az előbbiekhöz hasonlóan folyik, de az észlelés és mérés helyét az évgűrűk - esetlegesen változó helyzetű -, legszélesebb szakaszához igazíthatjuk.

A mozgó lejtőkön és stabil szomszédságukban növekvő fák évgűrűszélesség-sorát legcélszerűbben dendrokronológiai mérőasztalon lemérve kaphatjuk meg. Számítógépes programok segítségével matematikailag is kifejezhető a hasonlóság, ill. különbözőség.

4. LEJTŐMOZGÁS VIZSGÁLATA ÉVGYŰRŰKEL

Lejtőmozgás bárhol bekövetkezhet, és ha fák vannak a lejtőn (9. ábra), akkor a mozgás datálható, és az irányváltozások alapján a mozgó tömeg belső deformációja is mérhető. A lehetőségek illusztrálására az alábbiakban két klasszikus lejtőmozgás-tanulmányt mutatunk be.

Bégin és Filion (1985) egy Quebec tartománybeli mozgó lejtőt vizsgáltak, mely mindössze néhány élő fát vitt a tetején, miközben egy tóba csúszott. A csúszó tömeget és környékét feltérképezték. (10. ábra) A térképen feltüntetették valamennyi mintavételi helyet. Több mint



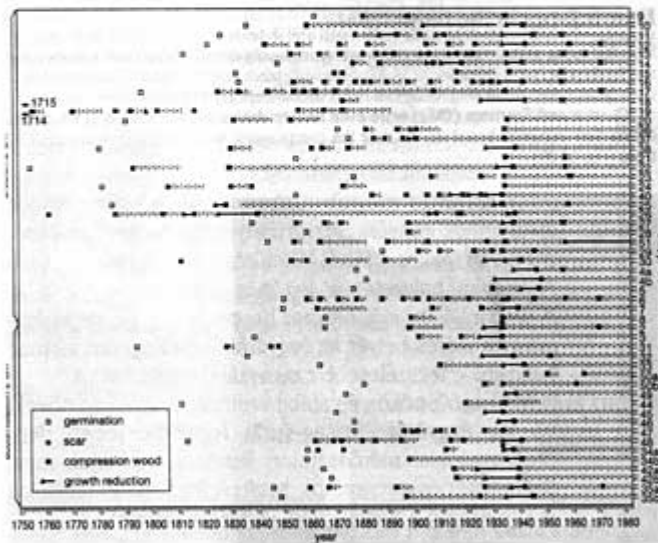
10. ábra.

Csúszó lejtő térképe (Lac à l'Eau Claire, Észak-Quebec, Kanada). Jelölték a megcsúszott tömeg határát, a belső szakadólapokat, a vízkilépési helyeket és valamennyi megmintázott fát (BÉGIN & FILION, 1985).

Escarpment - szakadólap; outer line of accumulation - felhalmozódás határa; accumulated sediments - felhalmozódott üledék; solifluction lobes - szoliflukciós nyelvek; water flow - vízfolyás; forests - erdő; no. of sample - mintavételi hely; no. of transect - keresztmetszet sorszáma; longitudinal section through the landslide, reconstructed from transects - a csuszamlás hosszmetsete, a keresztmetszetek sorozatából rekonstruálva; river - folyó.

ötven fából vettek mintát, amelyek a mozgó lejtőn és annak stabil szomszédságában álltak. A statisztikus mennyiségű minta lehetővé tette a nyomott fa és a visszafogott növekedés erősen szóródó adatainak értelmezését.

A következő megfigyeléseket lehetett tenni: a 18. század óta rendszeresen, de kis mértékben megjelenő lejtőmozgási jelenségeket követően 1933-35 között indult meg a csuszamlás. Ennek bizonyítéka a nagyszámú fátörzsben egyszerre jelentkező nyomott fa, ill. az ezt követő visszafogott növekedés, melyet a gyökerek sérülése és a megemelkedett talajvízszint okozott. A pontos datálás lehetővé tette, hogy a lejtőmozgást egy intenzívebb csapadékhullással jellemzett időszakhoz kössük

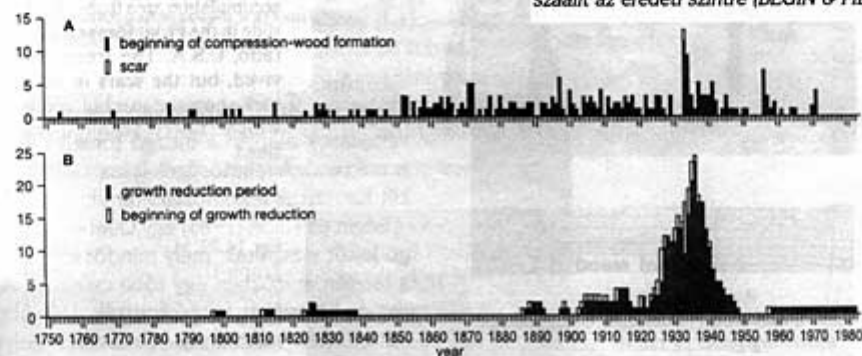


11. ábra.

A lejtőmozgás lefolyása 51 fátörzs dendrokronológiai vizsgálata alapján (BÉGIN & FILION, 1985). Germination - csírázás éve; scar - sérülés; compression wood - nyomott fa; growth reduction - visszafogott növekedés. A 18. század óta rendszeresen, de kis mértékben megjelenő lejtőmozgási jelenségeket követően 1933-35 között indult meg a csuszamlás. Ennek bizonyítéka a nagyszámú fán egyszerre jelentkező nyomott fa, ill. az ezt követő visszafogott növekedés, melyet a gyökerek sérülése és a megemelkedett talajvízszint okozott.

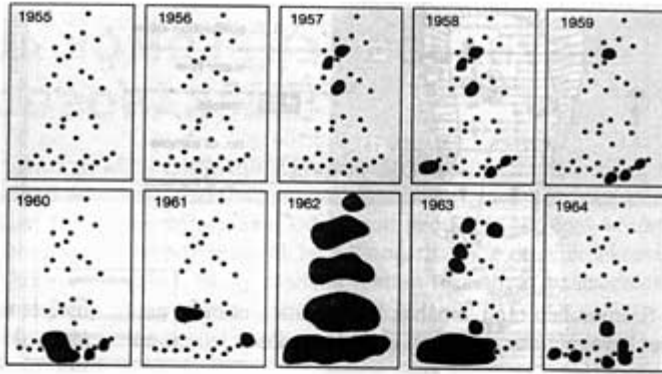
12. ábra.

Statisztikus mennyiségű (ez esetben 51 db) minta vizsgálata alapján megállapítható, hogy a nyomott fa megjelenése (beginning of compression wood) alapján már évszázadok óta enyhe mozgásban lévő lejtő 1933-35-ben indult meg igazából. Jelentősebb mértékű visszafogott növekedés (growth reduction period) pedig ennek következtében, a harmincas években történt, és a negyvenes években nagyrészt visszaállt az eredeti szintre (BÉGIN & FILION, 1985).



13. ábra.

Kúszó lejtő belső deformációjának nyomon követése 36 fatörzs évgűrűvizsgálata alapján. Az első két évben mozdulatlan lejtő kisebb foltokban mozdult meg 1957 és 1961 között. Az 1962-ben bekövetkezett nagy deformációs esemény két év alatt csengett le (HIGASHI et al., 1971).



(1930-as évek első fele). Az akkor megindult lejtő belső mozgásai a mai napig tartanak. (11-12. ábra)

Higashi és munkatársai (1971) Hokkaido szigetén vizsgálták egy kúszó lejtő mozgásának megindulását, lefolyását és megállását évgűrűvizsgálattal.

Harminchat fatörzsön vizsgálták a reakciófa megjelenését és eltűnését az 1955 és 1964 közötti évtizedre vonatkozóan. (13. ábra) Az első két évben nem volt felismerhető mozgás. A harmadik, negyedik és ötödik évben kisebb foltokban, két-három szomszédos fára kiterjedően ismertek fel kisebb lejtőmozgást. A hatodik évben egy eddig mozdulatlan területen mintegy nyolc fán lehetett érzékelni a talaj megmozdulását, mely a hetedik évre megszűnt. A nyolcadik évben, 1962-ben szinte az egész lejtő megindult, de már a következő évben szinte csak a lejtőlábon lehetett érzékelni deformációt. A tizedik évben egy-két fára kiterjedő, apró foltokban volt már csak talajdeformáció.

5. AZ ELTE DENDROKRONOLÓGIAI LABORATÓRIUMA

A Laboratórium 2002 óta működik az Eötvös Loránd Tudományegyetem Őslénytani Tanszékének keretei között. Terepi mintavételező felszerelésünk: növedékfű-

rők, láncfűrész. Preparálóeszközeink: fűrész- és csiszológépek. Méréshez binokuláris mikroszkóp és számítógéphez csatlakoztatott, 1/500 mm pontosságú LINTAB mérőasztal áll rendelkezésre, TSAP mérő- és kiértékelő szoftverrel.

A Laboratórium kutatási területe a környezettörténet, különös tekintettel az éghajlat történetére, valamint új földtani alkalmazások kifejlesztése. Oktatjuk a dendrokronológiát az ELTE hallgatói számára egy fél éves tárgyként.

Munkatársak: Kázmér Miklós egyetemi docens, geológus; Grynaeus András történelemtanár, régész; Kern Zoltán doktorandusz, földrajz-matematika szakos tanár; Dávid Szilvia szakdolgozó, földrajztanár.

Bővebb, aktuális tájékoztatót talál munkánkról az érdeklődő olvasó honlapunkon:

<http://pangea.elte.hu/paleo/dendro>

A Laboratórium munkáját az OTKA T43666 és M42092 sz. pályázata támogatja.

IRODALOM

- Alestalo, J. (1971): Dendrochronological interpretation of geomorphic processes. - *Fennia* 105, pp. 1-140, Helsinki.
- Bégin, C. & Filion, L. (1985): Analyse dendrochronologique d'un glissement de terrain de la région du Lac à l'Eau Claire (Québec nordique). - *Canadian Journal of Earth Sciences* 22, pp. 1755-1782, OTTAWA.
- Fantucci, R. & Sorriso-Valvo, M. (1999): Dendrogeomorphological analysis of a slope near Lago, Calabria (Italy). - *Geomorphology* 30, pp. 165-174, Amsterdam.
- Higashi, S., Fujiwara, K., Araya, T. & Mural, N. (1971): Dendrochronological studies on the transition of the creeping land. - *Research Bulletins of the College Experiment Forests, Hokkaido University* 28/2, pp. 339-419, Sapporo.
- LaMarche, V. C., Jr. (1968): Rates of slope degradation as determined from botanical evidence, White Mountains, California. - *United States Geological Survey, Professional Paper* 352-I, pp. 337-377, Reston, VA.
- Lang, A., Moya, J., Corominas, J., Schrott, L. & Dikau, R. (1999): Classic and new dating methods for assessing the temporal occurrence of mass movements. - *Geomorphology* 30, pp. 33-52, Amsterdam.
- Schweingruber, F. (1990): *Mikroskopische Holzanatomie*. 3. Auflage. Haupt, Bern, 226 p.
- Strunk, H. (1997): Dating of geomorphological processes using dendrogeomorphological methods. - *Catena* 31/1-2, pp. 137-151, Amsterdam.
- Villalba, R. (2000): Métodos en dendrogeomorfología y su potencial uso en América del Sur. In: Roig, F. A. (szerk.): *Dendrochronología en América Latina*. EDIUNC, Mendoza, pp. 103-134.